臺灣總督府

中央研究所農業部彙報

第百三號

土壤の理化學的性質に及ぼす腐植質の影響

臺灣總督府中央研究所

昭和九年十月

地力の涵養維持こ相俟つて植產增殖の實を擧ぐるに土壤腐植質の適當なる存在は極めて重要なる關係を有す、特に本島の農耕地土壤管理上に於て然りこなす。本彙報は土壤が腐植質含量を漸增する場合其理化學的性質に及ぼす影響に關し實驗研究せる成績を記述せるものにして堆肥其他有機質肥料施用の重要性も自ら明なるべし。仍て之を上梓して農事當事者の參考こす。

昭和九年十月

臺灣總督府中央研究所農業部長
農學博士　澁谷紀三郎

臺灣總督府中央研究所 農業部彙報 第百三號

土壤の理化學的性質に及ぼす腐植質の影響

目　　次

I 緒　言……………………………………………… 221
II 實　驗……………………………………………… 221
　A 供試土壤……………………………………………… 221
　B 供試腐植質……………………………………………… 222
　C 腐植質加用量……………………………………………… 222
　D 實驗結果……………………………………………… 222
　　1 比　重……………………………………………… 222
　　2 容重及容積比重……………………………………………… 223
　　3 實積及孔隙……………………………………………… 225
　　4 吸濕度……………………………………………… 226
　　5 容水量……………………………………………… 228
　　6 有效水分及萎凋係數……………………………………………… 229
　　7 空氣透通量……………………………………………… 231
　　8 毛細管引力……………………………………………… 232
　　9 透水量……………………………………………… 234
　　10 耐壓力……………………………………………… 235
　　11 比　熱……………………………………………… 236
　　12 アンモニア及燐酸吸收……………………………………………… 238
　　　(イ) アンモニア吸收……………………………………………… 238
　　　(ロ) 燐酸吸收……………………………………………… 240
III 要　約……………………………………………… 241
　文　獻……………………………………………… 241

土壤の理化學的性質に及ぼす腐植質の影響*

技師　澁谷紀三郎
技手　樋口三雄

I 緒　言

土壤中腐植質の作用は作物生育上極めて重要なる關係を有し地力の維持增進上必要缺くべからざるは言を俟たざる所なり。而して氣温高く雨量亦少からざる本島に於て年々幾何の有機物が消耗せらるゝやは先づ知らざるべからざる問題なり。土壤中に於ける腐植質含量の消長は氣候、作物、肥料、土壤管理の方法等各種の條件に支配せらるゝが故に著者等は數年來農業部水田に於て肥料の種類を異にしたる場合に於ける腐植質の增減に就て研究中なり。

一方本島農耕地土壤の腐植質含量を調査するに概ね 1% 内外にして温帶の耕地土壤に比すれば甚だ貧弱なりと云はざるべからず、仍て地力の增進涵養を圖り作物收量を大ならしむるには肥培管理の周到を期すると共に堆肥、綠肥等の有機質肥料を施し土壤腐植質の增加を促すことを肝要とす。而して此腐植質の集積は該土壤の理化學的性質を改善し有用微生物の作用を活潑にして植産の實績を擧ぐるに效果顯著なるべし。然るに腐植質の增加が其土壤の理學的竝に化學的性質を如何に改善すべきや其程度を明にすることは實際上重要なる點にして然も未だ此種の研究業績は鮮し、仍て本島の代表的土壤を選び之に關する研究を行ひ以て土壤管理の指針たらんとせり。

II 實　驗

A. 供試土壤

實驗に供したる土壤は次の 6 種とし、直徑 0.5 mm の目を有する篩を通過せる細微土を使用せり。是等の土壤は生成及土性の相違あるものを選び腐植質添加により影響する範圍顯著ならむことを期したり。

1. 臺北市富田町農業部水田　第四紀新層砂岩頁岩質埴土（酸性）
2. 臺北市富田町農業部畑　第四紀新層砂岩頁岩質砂質壤土（酸性）

* 熱帶農學會誌　第六卷　第三號別刷

3. 新竹州中壢郡楊梅庄茶園　第四紀古層赭土（酸性）
4. 新竹州竹南郡竹南庄砂防林　第四紀新層砂岩頁岩質砂土（中性）
5. 臺中州員林郡永靖庄水田　第四紀新層粘板岩質埴土（微鹽基性）
6. 臺南州嘉義市車店看天田　第四紀新層砂岩頁岩質埴土（中性）

B. 供試腐植質

供試腐植質は農業部製造の厩肥（材料は臺北に於ける陸軍山砲隊の馬糞及藁草を主とす）より抽出せるものにして抽出調製法の概要次の如し。

厩肥を Wagner 磁製圓筒に採り 1% の鹽酸を加へ攪拌して 1 夜放置したる後鹽酸の大部分を除き石灰其他の可溶性物質を去り 2% NaOH 液を加へ時々攪拌しつゝ 2 晝夜を經て浸出液を汲み取りて繰返し濾過したり。濾液は鹽酸酸性となし沈澱せる腐植質を牛膀胱又は硫酸紙を用ひて透析を行ひ鹽酸の痕跡をも除去せり。然るに此時に至れば腐植質は分散して濾紙を通過し濾別し難きを以て Sharples Super-centrifuge を以て水分の大半を分離し残れる腐植質を粘土板に塗付して更に水分を除き掻き集めて硫酸乾燥器内に收め充分乾燥せり。斯法により採集したる乾燥腐植質は瑪瑙乳鉢にて粉碎し能く混合して均質のものとなし試驗に供せり。

C. 腐植質加用量

供試土壤及腐植質中の吸濕水分を定量し腐植質の含量が乾燥土壤重量 100 分中 0, 5, 10, 15 となる樣配合せり。而して供試土壤本來の腐植質含量は次の如し。

第一表

供試土壤の腐植質含量（乾燥土百分中、過酸化水素法 (1) に據る）

農業部水田	農業部畑	楊梅庄茶園	竹南庄砂防林	永靖庄水田	車店看天田
0.77	1.04	1.16	0.24	1.01	0.81

D. 實驗結果

1. 比重

比重瓶を用ひ常法に從ひて比重を測定せる結果は次の如し。

第二表

比重

腐植質添加量（原土の%）	農業部水田		農業部畑		楊梅庄茶園		竹南庄砂防林		永靖庄水田		車店看天田	
	實驗數	計算數	實驗數	計算數	實驗數	計算數	實驗數	計算數	實驗數	計算數	實驗數	計算數
0	2.69	—	2.67	—	2.68	—	2.74	—	2.69	—	2.67	—
5	2.56	2.59	2.58	2.58	2.58	2.59	2.64	2.64	2.59	2.59	2.58	2.58
10	2.49	2.51	2.50	2.49	2.49	2.50	2.54	2.55	2.49	2.51	2.48	2.49
15	2.39	2.42	2.40	2.41	2.40	2.42	2.47	2.46	2.40	2.42	2.41	2.41

供試腐植質の比重は 1.55 にして供試土壤に比し遙かに小なるが故に之を加ふるときは各土壤共漸次其比重を低下せり。而して腐植質の含量增加に伴ひ比重の低下する割合は概略 5% 每に 0.08–0.09 なりとす。此事實は同じ土壤層に在りて腐植質を含まざる心土の比重と之を含む表土の比重との差を求め計算上表土の腐植質概數を推定し得る所以なり。但し土壤の含有する有機物が未だ腐植化せざるときは其比重は自ら腐植質の夫と異るべきを以て計算數と較差を生ずることは期せざるべからず。

猶ほ埴土は一般に比重小にして砂土は之に反し比重大なるが故に腐植質の含量增加に伴ひ比重の低下する割合は前者に於て 0.08 側に傾き後者に於て 0.09 側に傾くを認め得べし。

2. 容重及容積比重

容重の測定には高さ 5 cm 直徑 5.048 cm 卽ち容量 100 cc. の黃銅製容重測定器を用ひ粗密兩狀態に於ける土壤の重量を秤り各 10 回の平均値を採れり。次に土壤 100 cc. 中の吸濕水量を定量算出して之を容重より減じ 100 を以て除したるものを容積比重とす。

第三表

容重及容積比重

供試土壤	腐植質添加量（原土の%）	容重			容積比重		
		粗	密	平均	粗	密	平均
農業部水田	0	84.77	140.90	112.84	0.84	1.40	1.12
	5	83.71	135.48	109.60	0.82	1.33	1.08
	10	80.67	129.10	104.89	0.79	1.26	1.03
	15	79.14	123.73	101.44	0.77	1.20	0.99

供試土壤	腐植質添加量（原土の%）	容重			容積比重		
		粗	密	平均	粗	密	平均
農業部畑	0	102.60	144.00	123.30	1.00	1.40	1.20
	5	98.91	135.60	117.26	0.97	1.33	1.15
	10	96.33	132.00	114.17	0.94	1.29	1.12
	15	93.76	129.00	111.38	0.91	1.24	1.08
楊梅庄茶園	0	109.76	152.90	131.33	1.06	1.48	1.27
	5	106.78	147.20	126.99	1.03	1.42	1.22
	10	103.31	142.90	123.11	0.99	1.37	1.18
	15	100.83	139.30	120.07	0.97	1.34	1.16
竹南庄砂防林	0	142.09	167.30	154.70	1.42	1.67	1.55
	5	139.89	162.20	151.05	1.38	1.61	1.50
	10	138.00	158.60	148.30	1.36	1.56	1.46
	15	135.41	152.80	144.11	1.32	1.50	1.41
永靖庄水田	0	74.78	127.20	100.99	0.73	1.25	0.99
	5	72.44	127.00	99.72	0.70	1.23	0.97
	10	71.49	126.80	99.15	0.69	1.22	0.96
	15	69.69	126.50	98.10	0.67	1.21	0.94
車店看天田	0	85.63	147.30	116.47	0.83	1.42	1.13
	5	84.39	144.60	114.50	0.81	1.39	1.10
	10	83.71	143.70	113.71	0.80	1.37	1.09
	15	81.94	138.90	110.42	0.78	1.32	1.05

比重輕き腐植質の添加によりて各土壤の容重及容積比重が低下するは又當然のことゝ云ふべし。

供試土壤の原土は竹南庄砂土以外は比重に於ては殆んど差異なけれども容重及容積比重に於ては著しき差異あり。永靖庄埴土は最も輕く楊梅庄赭土は最も重く農業部及車店埴土は其中間に位せり。而して腐植質の添加に伴ふ容重及容積比重の減少の程度も亦輕きものに小にして重きものに大なり。

容積比重の大小は比重の大小の外に一定容積中に於ける土粒の密度に關係するものなるが故に土壤粒子の直徑が小にして不整一なるに從ひて其値は愈々小となり孔隙量は之と反對の結

果を來すべく第四表及第五表は此間の關係を明にするものと云ふべし。而して車店土壤が細微分に於て永靖庄土壤より多きに拘らず其容重は却つて大なるは其粒子の比較的整一なるによるものと言はざるべからず。

第四表

細微土の組成

土壤粒子の直徑 m.m.	農業部水田 %	農業部畑 %	楊梅庄茶園 %	竹南庄砂防林 %	永靖庄水田 %	車店看天田 %
0.50–0.25	0.49	0.41	0.90	0.20	1.02	0.36
0.25–0.10	7.41	22.18	10.12	99.01	3.97	5.58
0.10–0.05	9.89	24.18	11.83	0.27	7.26	9.63
0.05–0.01	39.53	26.58	32.36	0.15	30.21	22.98
0.01>	42.68	26.65	44.53	0.37	57.54	61.45

3. 實積及孔隙

容積比重を眞比重にて除したるものを土壤の實積とし之を 100 より減じたるものを孔隙とす。

第五表

實積及孔隙

供試土壤	腐植質添加量（原土の%）	實積			孔隙		
		粗	密	平均	粗	密	平均
農業部水田	0	31.23	52.04	41.64	68.77	47.96	58.37
	5	32.03	51.95	41.99	67.97	48.05	58.01
	10	31.73	50.60	41.17	68.27	49.40	58.84
	15	32.22	50.21	41.22	67.78	49.79	58.79
農業部畑	0	37.45	52.43	44.94	62.55	47.57	55.06
	5	37.60	51.55	44.58	62.40	48.45	55.43
	10	37.60	51.60	44.60	62.40	48.40	55.40
	15	37.92	51.67	44.80	62.08	48.33	55.21

供試土壤	腐植質添加量(原土の%)	實積 粗	實積 密	實積 平均	孔隙 粗	孔隙 密	孔隙 平均
楊梅庄茶園	0	39.55	55.22	47.37	60.45	44.78	52.62
	5	39.92	55.04	47.48	60.08	44.96	52.52
	10	39.76	55.02	47.39	60.24	44.98	52.61
	15	40.42	55.83	48.13	59.58	44.17	51.88
竹南庄砂防林	0	51.82	60.95	56.39	48.18	39.05	43.62
	5	52.27	60.98	56.63	47.73	39.02	43.38
	10	53.54	61.42	57.48	46.46	38.58	42.52
	15	53.44	60.73	57.09	46.56	39.27	42.92
永靖庄水田	0	27.14	46.47	36.81	72.86	53.53	63.20
	5	27.03	47.49	37.26	72.97	52.51	62.74
	10	27.71	49.00	38.36	72.29	51.00	61.65
	15	27.92	50.42	39.17	72.08	49.58	60.83
車店看天田	0	31.09	53.18	42.14	68.91	46.82	57.87
	5	31.40	53.88	42.64	68.60	46.12	57.36
	10	32.26	55.24	43.75	67.74	44.76	56.25
	15	32.37	54.77	43.57	67.63	45.23	56.43

實積算出の基礎たる比重及容積比重は共に腐植質の增加によりて低下し其低下の傾向殆んど等しき結果實積の變化は極めて僅かなれども概して增加の傾向を帶び從つて孔隙量は僅かに減少するを普通とす、而して孔隙量減少の程度は土壤により異り永靖庄土壤の如き腐植質の添加に伴ふ容重低下の度極めて少きものに稍顯著にして車店土壤之に次げり。

4. 吸濕度

Mitscherlich[2] の方法に從ひて吸濕度を測定せり。卽ち供試土壤を薄く擴げたるシャーレを眞空乾燥器内に置き器底には 10 % H_2SO_4 100 cc. を入れポンプを以て器内の空氣を排除し 3 晝夜放置したる後 10% H_2SO_4 を更新し再び乾燥器を眞空に保つこと 3 晝夜にして土壤の一定量を採りて水分を定量し乾燥土壤に對する % を算出せり。

第六表

吸　濕　度

腐植質添加量(原土の%)	農業部水田	農業部畑	楊梅庄茶園	竹南庄砂防林	永靖庄水田	車店看天田
0	2.12	2.90	5.98	0.64	3.21	4.58
5	3.07	3.91	6.87	1.86	4.30	5.24
10	3.89	4.88	7.47	2.90	5.06	6.20
15	4.91	5.71	8.06	3.90	6.06	6.82

供試腐植質の吸濕度を測定せる結果は 18.29 にして一般土壤に比して著しく大なるは其膠質多孔性に基くものにして從つて土壤に腐植質を添加したる場合にも其の增加に伴ひて各土壤は吸濕度を增加せり。而して腐植質の添加による吸濕水の增加量は各土壤共同一なるが故に竹南庄砂土の如き原土の吸濕度低きものに在りては腐植質の添加に伴ひ著しき割合にて吸濕度を增加す。楊梅庄、車店等の如き原土の吸濕度比較的大なるものに在りては其增加の割合は小なり。

尙容積比重算出の爲めに測定せる風乾細微土の吸濕水を示せば次の如く腐植質の增加に伴ひ吸濕水を增加すること前表と趣を等しうす。卽ち前者は絕對吸濕水と稱すべく後者は風乾吸濕水と名づくべきものとす。

第七表

吸濕水（乾燥細微土%）

腐植質添加量(原土の%)	農業部水田	農業部畑	楊梅庄茶園	竹南庄砂防林	永靖庄水田	車店看天田
0	1.18	2.01	3.56	0.36	1.98	2.81
5	1.90	2.56	4.30	0.96	2.48	3.22
10	2.43	3.13	4.88	1.64	3.10	3.80
15	3.06	3.67	5.30	2.25	3.59	4.34

（供試腐植質の風乾吸濕水は 13.58 % なり）

吸濕水は土壤粒子の表面に皮膜水として吸着せられ植物根によりて利用せられざるが故に其多少は實際問題には直接關係なきが如しと雖も是が測定は土壤膠質物の多少を判斷する資料たることを得べし。吸濕水の多少は土壤粒子の表面積總和の大小及膠質物の多少に支配せらるゝが故に前 2 表に於て竹南庄砂土の吸濕度小なるは其組成粗粒に富み膠質物少きによるべく他

の土壤は概して吸濕度大にして就中楊梅庄赭土、車店看天田土壤及永靖庄土壤等の顯著なるは膠質物の多きを裏書するものと云ふべし。而してそれ等の吸濕度の大小と第四表細微土の組成とは必ずしも一致せざれども膠質物粒子は直徑 2 μ 以下とすれば夫々此部分の多きを推定し得るものなり。

5. 容水量

高さ直徑各 10 cm. の容水量測定用硝子圓筒 2 個を繼ぎ合せ濾紙及綿布を以て底を作り常法の如く粗密兩狀態に於ける土壤の容水量を測定して重量 %を求め之に容積比重を乘じて容量 % を算出せり。

第八表

容水量

供試土壤	腐植質添加量(原土の%)	重量%			容量%		
		粗	密	平均	粗	密	平均
農業部水田	0	50.99	32.87	41.93	42.83	46.02	44.43
	5	53.35	33.18	43.27	43.75	44.13	43.94
	10	55.73	34.89	45.31	44.03	43.96	44.00
	15	57.77	35.85	46.81	44.48	43.02	43.75
農業部畑	0	46.59	29.54	38.07	46.59	41.36	43.98
	5	49.17	33.10	41.14	47.69	44.02	45.86
	10	50.66	33.55	42.11	47.62	43.28	45.45
	15	51.99	34.82	43.41	47.31	43.18	45.25
楊梅庄茶園	0	40.72	29.13	34.93	43.16	43.11	43.14
	5	42.97	31.76	37.37	44.26	45.10	44.68
	10	46.04	33.05	39.55	45.58	45.28	45.43
	15	47.48	36.19	41.84	46.06	48.49	47.28
竹南庄砂防林	0	30.18	28.72	29.45	42.86	47.96	45.41
	5	30.93	28.88	29.91	42.68	46.50	44.59
	10	31.39	29.23	30.31	42.69	45.60	44.15
	15	35.77	30.79	33.28	47.22	46.19	46.71
永靖庄水田	0	63.63	39.53	51.58	46.45	49.41	47.93
	5	68.09	40.88	54.49	47.66	50.28	48.97
	10	71.80	42.41	57.11	49.54	51.74	50.64
	15	71.64	45.23	58.44	48.00	54.73	51.37
車店看天田	0	52.57	34.52	43.55	43.63	49.02	46.33
	5	54.59	35.52	45.06	44.22	49.37	46.80
	10	58.20	38.40	48.30	46.56	52.61	49.59
	15	60.37	40.60	50.49	47.09	53.59	50.34

土壤の容水量は膠質物の多少、土壤粒子の大小、土層の粗密等によりて變化す。第八表原土の重量 %を見るに各土壤共粗土の容水量は密土のそれより大なり。土壤粒子の大小も容水量を支配する一因にして竹南庄砂土は最も小にして埴土類は一般に大なり。

次に腐植質を加へたる場合を觀察するに腐植質は元來膠質多孔性なるが故に何れの土壤に於ても粗密兩狀態共容水量を增加せり。而して其增加は概して粗土に大にして密土に小に、砂土に小にして埴土に大なり。

更に容水量の容量%に就て見るに容量 %は重量% に容積比重を乘じたるものなるが故に兩者の增減は、容積比重 $\gtrless$ 1. によりて變化す。而して腐植質の添加に伴ひ容水量の重量%は增加し容積比重は減少するが故に容量%は兩者增減の程度によりて變化す。即ち概して粗土に於ては減少し密土に在りては增加せり。

容水量は土壤毛細管作用の飽和狀態に於ける保水量にして土壤粒子の表面積總和と略比例的關係に在り、從つて腐植質の添加は土壤の容水量を增加する所以なり。然れども容水量の增加量は必ずしも悉く植物に有效なるものとならず一部分は膠狀腐植質の吸着する所となるべく又甚しく過剩となれる場合は氣通を妨ぐるが爲め却て植生を害することあるは既知の事實なり。

6. 有效水分及萎凋係數

一般に土壤の水分は悉く植物に利用せらるゝものにあらずして吸着水の如きは高減壓を以てするも之を離脱すること能はざるものなり、即ち此限度の水分を該土壤の萎凋係數と名づく。

土壤水分の萎凋係數を檢定する方法は種々あれども Briggs 及 Shantz[3]. の提案によれば容水量より之を見出すことを得べし。

$$萎凋係數=\frac{容水量\ -21.0}{2.90}(\pm 0.021)$$

之を應用して供試土壤の萎凋係數を求むれば次の如し。但し容水量は粗密兩狀態の平均値を用ひ此場合に於ける有效水分を倂せて表示せり。

第 九 表

萎凋係數及有效水分

供試土壤	腐植質添加量（原土の%）	萎凋係數	毛細管の飽和せられたる場合の有效水分
農業部水田	0	7.22	34.71
	5	7.68	35.59
	10	8.38	36.93
	15	8.90	37.91
農業部畑	0	5.89	32.18
	5	6.94	34.20
	10	7.28	34.83
	15	7.73	35.68
楊梅庄茶園	0	4.80	30.13
	5	5.64	31.73
	10	6.40	33.15
	15	7.19	34.65
竹南庄砂防林	0	2.91	26.54
	5	3.07	26.84
	10	3.21	27.10
	15	4.23	29.05
永靖庄水田	0	10.54	41.04
	5	11.55	42.94
	10	12.45	44.66
	15	12.91	45.53
車店看天田	0	7.78	35.77
	5	8.30	36.76
	10	9.41	38.89
	15	10.17	40.32

是によつて見れば萎凋係數は埴土に大にして砂土に小なり。土壤膠質物は一般に吸着作用強きを以て水分の吸着も自ら大にして膠狀腐植質の添加は従つて萎凋係數を增大する所以なり。

故に自然狀態に在りては膠質物に富む埴土は假令水分含量多しと雖も萎凋係數大なるが故に有效水分は割合に小なる場合あり。之に反し砂土は水分含量低きに拘らず却つて有效水分に富むことあるべし。

之を要するに水分含量が萎凋係數と等しきか或は之より小なる場合は植物の成長を許さゞるに至り例へば竹南庄砂土に在りては 2.91%、永靖庄埴土に在りては 10.54% を限度とするが如し。而して腐植質の添加は常に容水量を增大すれども同時に萎凋係數を高むるを以て其限度を超えざる樣保水力を調節するを必要とす。

7. 空氣透通量

最高の空氣透通量は孔隙量より吸濕水量（容量%）を減じたるものにして最低の空氣透通量は孔隙量より容水量（容量%）を減じたるものとす。

第 一 〇 表

空 氣 透 通 量

供試土壤	腐植質添加量（原土の%）	最高の空氣透通量			最低の空氣透通量		
		粗	密	平均	粗	密	平均
農業部水田	0	67.85	46.43	57.14	25.94	1.94	13.94
	5	66.51	45.68	56.10	24.22	3.92	14.07
	10	66.39	46.40	56.40	24.24	5.44	14.84
	15	65.96	46.19	56.08	23.30	6.77	15.04
農業部畑	0	61.15	45.81	53.48	15.96	6.21	11.09
	5	61.07	44.97	53.02	14.71	4.43	9.57
	10	61.11	44.39	52.80	14.78	5.12	9.95
	15	60.84	43.93	52.39	14.77	5.15	9.96
楊梅庄茶園	0	58.97	38.83	48.90	17.29	1.67	9.48
	5	58.64	39.24	48.94	15.82	-0.14	7.84
	10	58.87	38.61	48.74	14.66	-0.30	7.18
	15	58.24	37.42	47.83	13.52	-4.32	4.60
竹南庄砂防林	0	46.51	38.42	42.47	5.32	-8.91	-1.80
	5	46.12	37.39	41.76	5.05	-7.48	-1.22
	10	44.90	35.91	40.41	3.77	-7.02	-1.63
	15	45.06	35.44	40.25	-0.66	-6.92	-3.79

供試土壤	腐植質添加量（原土の%）	最高の空氣透通量			最低の空氣透通量		
		粗	密	平均	粗	密	平均
永靖庄水田	0	71.61	51.10	61.36	26.41	4.12	15.27
	5	71.74	49.25	60.50	25.31	2.23	13.77
	10	71.07	46.34	58.71	22.75	-0.74	11.01
	15	70.87	44.15	57.51	24.08	-5.15	9.47
車店看天田	0	67.49	42.94	55.22	25.28	-2.20	11.54
	5	67.21	41.78	54.50	24.38	-3.25	10.57
	10	66.37	39.75	53.06	21.18	-7.85	6.67
	15	66.31	39.74	53.03	20.54	-8.36	6.09

土壤の容水量（容量%）は腐植質の添加によりて增加の傾向を示し孔隙量は僅かに減少するが故に空氣の透通量は一般に減少する結果を得たり、唯農業部水田密土は容水量減少し孔隙量增加せる爲め最低の空氣透通量を著しく增加し竹南庄砂土の場合も之に似たる傾向を示せり。

土壤中に於ける空氣透通量の多少は水田と畑とによりて異り水田に在りては土壤の孔隙は全く水を以て飽和せられ空氣の供給は一に地水滲透の良否に係り地水の停滯は空氣の供給を不良ならしむ。然るに第一二表に示すが如く腐植質は地水の滲透を妨ぐる作用あるが故に腐植質の增加は從つて空氣の供給を減ずる結果を呈すべし。

實驗の結果最低の空氣透通量は屢負の値を示すことあり、其理由は膠質粘土及腐植質等が水によりて膨潤し容積を增加するを以て孔隙を閉塞し吸水後の孔隙量は已前と異るに至るべし。換言すれば水は乾燥膠質物の實積內に侵入するを以て孔隙量より容水量を減じたる値は負となるなり。而して此意義は膠質物膨潤の結果土壤粒子間には空氣を存在せず、時としては土壤總容積の增大を來すものと云ふべし。

之を要するに最低の空氣透通の値成るべく大なるは該土壤浸水の場合に於て植物根の呼吸作用を持續せしむるに有效なる所以なり。

8. 毛細管引力

長さ 70 cm. 直徑 1.5cm. の劃度硝子管の下端に濾紙及綿布にて底を作り磁皿の上に直立せしめ土壤を管の上端より少量宛靜かに落下して硝子管を充したる後磁皿に水を注ぎ一定時間毎に管內に上昇したる水位を測定せり。

第一一表

毛細管引力（cm.）

供試土壤	腐植質添加量（原土の%）	30分	1時間	2時間	4時間	6時間	8時間	10時間	24時間	48時間
農業部水田	0	5.4	7.9	11.8	16.8	21.4	23.7	26.2	38.4	—
	5	4.8	7.5	11.1	15.7	19.1	21.8	24.0	34.8	44.9
	10	4.3	6.9	10.3	14.7	17.9	20.4	22.7	32.4	40.7
	15	3.7	5.1	8.5	13.1	16.6	19.1	21.0	31.1	36.7
農業部畑	0	5.5	7.9	11.0	14.6	16.7	18.5	19.9	25.7	31.0
	5	4.2	5.8	7.8	10.4	11.9	13.1	14.1	18.4	22.4
	10	4.6	6.3	8.3	10.7	12.2	13.4	14.3	18.6	22.6
	15	5.8	8.0	10.6	13.8	15.8	17.1	18.3	23.8	28.0
楊梅庄茶園	0	10.0	15.0	21.1	29.2	34.7	38.9	42.4	66.2	—
	5	7.6	11.3	16.1	22.3	26.6	30.0	32.7	43.9	53.3
	10	7.0	10.5	14.8	20.4	24.2	27.1	29.5	39.6	47.4
	15	5.4	9.7	13.6	18.6	21.9	24.7	26.8	35.8	42.8
竹南庄砂防林	0	17.9	22.5	26.1	29.6	30.6	31.1	31.6	32.6	33.5
	5	13.9	18.4	21.0	22.9	24.0	24.4	25.0	25.8	27.1
	10	9.0	13.0	17.0	21.3	24.0	25.2	26.7	29.3	32.0
	15	5.5	8.4	12.0	16.3	19.9	22.7	25.0	30.9	35.0
永靖庄水田	0	3.6	6.6	8.9	12.6	15.4	17.8	20.1	28.4	36.1
	5	3.0	5.2	7.5	10.6	13.0	14.9	16.7	23.9	31.3
	10	2.7	4.8	7.1	10.0	12.1	13.8	15.4	21.3	27.8
	15	1.4	4.5	6.8	9.6	11.8	13.4	14.6	20.0	25.0
車店看天田	0	2.5	3.8	5.9	8.9	11.1	13.0	14.7	20.6	25.8
	5	2.6	4.1	6.2	9.2	11.4	13.3	14.9	21.4	27.9
	10	2.6	4.3	6.3	9.3	11.6	13.4	15.2	21.8	28.3
	15	2.6	4.3	6.6	9.8	12.1	13.9	15.6	22.2	28.7

土壤の毛細管引力は土壤粒子の大小、其組織膠質物の多少、溫度、氣壓等によりて影響を來すべく一般に水の毛細管內上昇する高さ h は

$$h=\frac{2T}{rDg}$$

にして嚴密に云へば Dg 卽ち毛細管內に引き上げられたる水の重さは地水の性質によりて異るべしと雖も之を均一なるものと見做せば h は常に液の表面張力 T が大にして毛細管の半徑 r が小なる時に大となる、故に本實驗成績に徵するも土壌粒子の直徑大にして膠質物に乏しく且つ土層が粗なる場合は毛細管上昇の速度は大なれども毛細管引力は强からず、之に反して土粒微細にして膠質物に富み土層密なる場合は毛細管引力は强大なれども上昇の速度は減少す。本實驗に用ひたる腐植質は酸性を帶ぶが故に膠質粘土と結合して之を團粒となし土壌の毛細管構成を少くし同時に其半徑を大にするを以て引力を弱むる場合あり、之に反し膠質粘土と結合せず孔隙を塡充するときは益々毛細管數を增加し其半徑を小にするを以て毛細管引力を大ならしむることゝなる。

前表に於て農業部水田、楊梅庄、永靖庄土壌等は腐植質の添加によりて毛管水上昇の速度は次第に減少し車店看天田土壌は僅かに之を增加せり。蓋し此場合は腐植質の添加により活性鹽基の存在と膠質物相互間に凝固作用を惹起し毛細管半徑の大となれるものと考へらる。又竹南庄砂土に腐植質を加へざる場合に於ては毛管水の上昇速度は 4 時間目迄は頗る速なれども其後は極めて遲緩となる、卽ち h は著しく rDg によりて支配せらるゝに至る。而して腐植質の添加量を次第に增すときは從つて毛管水の上昇速度を減ずれども rDg の影響を受くるときは又漸く遞減するを認む。

9. 透水量

直徑 3.5 cm. 高さ 9.0 cm. の胴に約 4.0 cm. の脚管を有する硝子製濾管を用ひ上端より 1 cm. の處に標線を劃し胴の底に綿布を敷きて脚管とを境せり。是に土壌を少量宛靜に塡充し標線を限度とせり。此時土壌の重量を秤量し

農業部水田土壌	55 g	竹南庄砂土	80 g
農業部畑土壌	55 〃	永靖庄土壌	40 〃
楊梅庄赭土	60 〃	車店土壌	55 〃

とす。之に於て硝子製濾管を靜かに水中に浸して脚管の下方より水を吸收せしむ。土壌全部が潤ふを待ちて管を取出し下方より水の滴下することなきに至りて管を漏斗臺に乘せたり。次にビューレットより注意して水を滴下せしめ常に土壌面上の水位を一定に保ち滲透滴下する水を細き劃度硝子圓筒に集め 1 時間宛連續 3 回其量を測定したり。此平均水量を透水量とす。

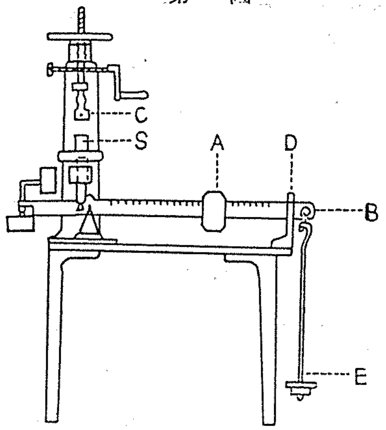
第一二表

透水量 (c.c.)

腐植質添加量(原土の%)	第1時間	第2時間	第3時間	平均	第1時間	第2時間	第3時間	平均
	農業部水田土壌				農業部畑土壌			
0	7.0	6.2	6.2	6.5	23.4	21.2	20.6	21.8
5	7.7	7.6	7.3	7.5	20.6	18.9	17.3	18.9
10	8.0	7.8	7.6	7.8	19.1	17.5	16.2	17.6
15	8.6	8.2	7.8	8.2	18.0	17.0	16.0	17.0
	楊梅庄赭土				竹南庄砂土			
0	26.5	26.3	26.3	26.4	509.2	508.6	504.8	507.5
5	21.3	20.1	19.8	20.4	135.8	129.9	125.6	130.4
10	21.1	18.8	17.6	19.2	78.6	66.4	61.7	68.9
15	19.0	16.4	15.5	17.0	60.0	49.4	47.8	52.4
	永靖庄水田土壌				車店看天田土壌			
0	12.9	12.2	11.7	12.3	6.2	6.0	6.0	6.1
5	8.2	7.4	7.2	7.6	6.9	6.7	6.4	6.7
10	6.2	5.8	5.5	5.8	7.8	7.7	7.5	7.7
15	5.4	2.2	1.7	3.1	8.7	8.3	8.3	8.4

土壌に腐植質を添加したる場合其透水力に及ぼす影響は 2 樣有るを認むべし。卽ち腐植質が土壌膠質粘土と結合して團粒組織を形成するときは透水力を增大すれども一般に腐植質は水を含みて膨潤し且つ土壌の孔隙を充塞するが故に透水力を低下す。供試土壌中多くは後者の現象を示し每時の透水量は次第に減少せり。然るに農業部水田土壌と車店土壌とは却て之を增加せり。又竹南庄砂土が腐植質の添加によりて透水量の減少する割合の極めて大なるは注意すべき所なり。

第 1 圖



10. 耐壓力

土壌粒子は互に膠結凝集する性質を有す。此性質は土壌粒子の大小、水分及膠質物の多少等によりて强弱を來すべし。而して其强弱は牽引、重壓、切斷等に對する抵抗力

を測定する方法によりて檢することを得べし。著者等の採用したるものは耐壓力測定の方法に據れり。

土壤に一定量の水を加へて捏ね、高さ、直徑各 3 cm. の型に塡充して土壤試片を作り 1 週間風乾したる後直徑を計り第 1 圖の裝置を用ひて測定せり。先づ分銅 A を桿 B の左端に移し C を調節して土壤試片 S を固定したる後分銅 A を次第に右に移動するときは S に壓力加はり遂に破碎するに至り桿は突如右に傾きて D の下端に落下す。若し分銅が桿の右端に達するも試片尙破碎せざるときは分銅を左端に戾し E に別に分銅を載せ再び A を移動すること前の如くす。斯くして試片が破碎するに至らば桿の目盛を讀み土壤試片 1 平方 cm. 當 kg に換算す。

第一三表

耐壓力 (1 平方 cm. kg)

腐植質添加量（原土の%）	農業部水田土壤	農業部畑土壤	楊梅庄赭土	永靖庄水田土壤	車店看天田土壤
0	7.5	9.7	24.5	21.8	40.0
5	5.5	8.2	19.7	13.5	28.3
10	4.1	7.7	15.6	10.8	26.1
15	1.8	6.3	11.8	9.1	20.9

竹南庄砂土は試片を作ること能はざるを以て省きたり。

腐植質は甚しく粘性に乏しきが故に之を土壤に添加するときは又其耐壓力を減少す、此事實は重粘なる土壤に腐植質を增すときは之を輕鬆ならしめ乾燥固結するも破碎容易となる所以なり。

11. 比熱

比熱の測定は混合法によりて之を行ひたり。熱量計として 200 cc. 容のビーカーを用ひ之を二重に箱に收めて熱の放散を防ぎ先づ熱量計の Water equivalent を測定す。次に熱量計に 50cc. の水を容れ暫時室温に放置したる後其温度を計り別に秤量せる乾燥土壤を 2時間以上 90°C に保てるものを投入攪拌し迅速に最高寒暖計を挿入して温度の上昇を讀みたり。其結果を

$$C=\frac{(p+w)(r-t)}{P(T-r)}$$

に適用して比熱を算出せり。上式に於て C= 比熱、p= 混合する物體（水）の重量、w= 熱量計の Water equivalent. r= 混合後の温度、t=p の温度、P= 供試土壤の重量、T= 熱したる時の P の温度とす。

第一四表

比熱

腐植質添加量（原土の%）	農業部水田	農業部畑	楊梅庄茶園	竹南庄砂防林	永靖庄水田	車店看天田
0	0.23	0.23	0.25	0.19	0.23	0.25
5	0.38	0.27	0.28	0.22	0.32	0.27
10	0.46	0.29	0.29	0.24	0.37	0.29
15	0.57	0.33	0.29	0.26	0.44	0.34

乾燥土壤に就て測定せる結果概して石英に富める砂質土は比熱低く膠質物に富めるものは稍其の大なるを認む。故に腐植質を增加するに伴ひて比熱も亦從つて增大す。然れども腐植質增加の割合と比熱增大の割合とは必ずしも比例せず、尙ほ膠質物の性質、孔隙、容重等に關係を有するもの丶如し。就中楊梅庄赭土の比熱は主として所含の膠質酸化鐵及水酸化鐵等の支配を受くるものなるべく腐植質の增加による影響は甚だ少し。實際圃場に在りては重量單位の土壤比熱を知ると共に容積單位の比熱を知るを便とすることあるが故に上記の値に容積比重（粗密平均）を乘じて容積比熱を算出すれば次の如し。

第一五表

容積比熱

腐植質添加量（原土の%）	農業部水田	農業部畑	楊梅庄茶園	竹南庄砂防林	永靖庄水田	車店看天田
0	0.26	0.28	0.32	0.29	0.28	0.28
5	0.41	0.31	0.34	0.33	0.31	0.30
10	0.47	0.32	0.34	0.35	0.36	0.32
15	0.56	0.36	0.34	0.37	0.41	0.36

卽ち容積單位の土壤比熱も腐植質の添加に伴ひ增大すれども楊梅庄赭土の場合は依然として其增大の割合小なりとす。自然狀態に在りて土壤の容水量は概して腐植質の增加と共に大となるが故に比熱も從つて大となり土壤腐植質の過多なるに及べば容水量飽和の狀態に於て地温は著しく低下すべし。但し腐植質は黑褐色を呈するを以て陽熱を吸收して地温を高むる特性あるは又別箇の意義を有す。

12. アンモニア及燐酸吸收

土壤が溶液よりアンモニア又は燐酸を吸收することは吸着によるや或は化合によるや判然たらざれども恐らく兩樣の作用を伴ふべく慣習に基き夫等の吸收係數を求めたり。

（イ） アンモニア吸收

風乾細微土 50 g を 500 cc. 容の三角フラスコに採り $\frac{N}{10}$ NH_4Cl 200 cc. を加へ時々振盪しつゝ 24 時間放置したる後濾過し濾液 10 cc. を採りてアンモニアを定量し原液中のアンモニア量との差を求め乾燥細微土 100 g に吸收せられたる NH_3 mg 當量をアンモニア吸收係數とす。

第一六表

アンモニア吸收係數

腐植質添加量（原土の%）	農業部水田	農業部畑	楊梅庄茶園	竹南庄砂防林	永靖庄水田	車店看天田
0	34.13	75.70	56.24	13.55	82.58	166.45
5	41.21	76.22	56.24	27.25	96.81	153.17
10	48.36	76.51	56.62	30.91	111.28	140.06
15	55.64	76.96	56.84	55.38	125.81	123.66

供試腐植質のアンモニア吸收係數を測定せるに 78.07 を得たり。仍て腐植質を添加せざる原土のアンモニア吸收係數と腐植質のみの夫とを基礎とし夫々腐植質を添加したる場合の土壤のアンモニア吸收係數を計算すれば次の如し。

第一七表

計算上のアンモニア吸收係數

腐植質添加量（原土の%）	農業部水田	農業部畑	楊梅庄茶園	竹南庄砂防林	永靖庄水田	車店看天田
0	—	—	—	—	—	—
5	36.33	75.82	57.33	16.37	82.35	162.03
10	38.52	75.94	58.43	20.00	82.13	157.81
15	40.72	76.05	59.51	23.23	81.90	153.19

卽ち腐植質のアンモニア吸收係數が 78.07 なるを以て土壤のみの該吸收係數が夫より小なる場合は腐植質の添加によりて漸增し夫より大なる場合は腐植質の添加に伴つて遞減すべきは當然なり。農業部畑土壤は原土の吸收係數が略腐植質の夫と等しきを以て實驗數と計算數とは

殆ど一致するを見るなり。然るに永靖庄土壤は却つて反對の現象を呈せり。蓋し此土壤は弱鹽基性を呈するを以て是に酸性腐植質を添加するときは濕潤狀態に於て先づ遊離鹽基と結合して中性腐植質を形成すべし。玆に於て遊離鹽基は車店看天田土壤の如く多からざるが故に NH_4Cl は土壤膠質複合體と作用して鹽基置換の現象を起し且つ置換鹽基の一部分中遊離せられたる炭酸と結合して炭酸石灰の如きものとなり沈澱することも可能なりと認むるが故にアンモニアの吸收總量が增大する所以なるべし。車店看天田土壤のアンモニア吸收係數は實驗數が明に計算數より小なるは遊離鹽基の多量に存在する結果酸性腐植質は容易に中性に變じ腐植質による吸着現象は極少となるに歸すべきものと云ふべし。卽ち用ひたる原土の重量に對する吸收量を a_1，吸收係數實驗値を a_2，吸收係數計算値を a_3 とすれば次表の結果となる。

第一八表

車店看天田土壤アンモニア吸收係數の比較

腐植質添加量（原土の%）	a_1 mg.	a_2/a_1	a_3/a_1
0	166.45	1.00	1.00
5	158.13	0.97	1.02
10	149.81	0.93	1.05
15	141.48	0.90	1.08

是に因て之を觀れば腐植質添加量の多少に拘らず用ひたる原土の重量のアンモニア吸收量は吸收係數實驗値及計算値に比し ±0.1 を越えず。此場合腐植質の吸收能は結果に於て殆んど零となりたるものと見做すことを得べし。

次に竹南庄砂土、農業部水田土壤等は腐植質の添加によりアンモニア吸收係數は計算値より著しく增大せり。之等は永靖庄鹽基性土壤と趣を異にし土壤は酸性を呈すれども腐植質の土壤鹽基に對する置換能は鑛物質土壤の置換能に比し優ることは Oden(4), Mattson(5) 及河村(6) 等の實驗せる所にして添加したる腐植質は第一次的に土壤鹽基を奪取して腐植酸鹽を形成し同時に鑛質土壤は腐植質添加前に比して置換能を增加せる爲め NH_4Cl と作用してアンモニア吸着を增大するものと認めらる。

楊梅庄赭土は腐植質の添加によりて僅にアンモニアの吸收係數を增加すれども然も實驗數は計算數より小なる傾向あり、蓋し遊離の酸化鐵或は水酸化鐵が酸性腐植質と結合してアンモニア吸收作用に對して不活性に變じ僅に其能力を殘すに過ぎざるが故なるべし。

要之土壤に腐植質を增加するときは土壤の性質に從ひアンモニア吸收作用を增大するものあり或は却て之を減少する場合あるを知るべし。

（ロ）燐酸吸收

風乾細微土 50 g を 500 cc. 容の三角フラスコに採り $\frac{N}{10}$ H_3PO_4 200 cc. を注加し時々振盪しつゝ 24 時間放置したる後濾過し濾液 20 cc. を用ひて P_2O_5 を定量し原液中の P_2O_5 量との差を求め乾燥細微土 100 g に吸收せられたる P_2O_5 を算出して mg 當量を燐酸吸收係數とせり。

第一九表
燐酸吸收係數

腐植質添加量（原土の%）	農業部水田	農業部畑	楊梅庄茶園	竹南庄砂防林	水靖庄水田	車店看天田
0	198.84	596.03	622.18	371.48	419.04	418.39
5	233.98	566.05	672.60	326.02	391.02	393.69
10	276.97	545.89	717.36	324.07	376.21	376.11
15	313.07	543.12	765.78	320.71	355.56	364.62

土壌に酸性腐植質を混じ是に燐酸溶液を注加するときは此等の混合系内に於て物理化學的作用を惹起す。酸性腐植質と PO_4' とは共に陽イオンとして働くが故に此等二者の間には吸收現象を示さゞるべく先づ PO_4' が土壌の遊離鹽基と結合して燐酸鹽を構成すべし。而して不溶性鹽となりて燐酸の固定せらるゝものは金屬酸化物及アルカリ土類たるは自明に屬す。故に此等の遊離鹽基の他に化學作用を起すものなきときは燐酸の吸收は鑛質土壌の量に比例するものと云ふべく土壌に腐植質を添加して鑛質土壌量の遞減する場合 P_2O_5 吸收係數も亦從つて減少す。農業部水田土壌と楊梅庄赭土を除き他はよく此理論に一致する實驗結果を示せり。尙ほ次表に示すが如く P_2O_5 吸收係數の計算値と對照するも頗る一致するを知るなり。

第二〇表
計算上の燐酸吸收係數

腐植質添加量（原土の%）	農業部水田	農業部畑	楊梅庄赭土	竹南庄砂防林	永靖庄水田	車店看天田
0	—	—	—	—	—	—
5	188.90	566.23	639.06	352.91	398.09	397.47
10	178.96	536.43	599.96	334.33	377.14	376.55
15	169.01	506.63	528.35	315.76	356.18	355.63

然るに農業部水田土壌と楊梅庄赭土とは腐植質の添加に伴ひ P_2O_5 吸收係數の遞增するは腐植質の介在により P_2O_5 固定作用を促進するものと云はざるべからず。今其理由を考ふるに此種の土壌は風化過程の進めるものなるが故に酸性腐植質との間に先づ水素イオンと土壌鹽基との置換作用を營み鑛質土壌の機構を變じて燐酸溶液により溶解せらるべき酸化鐵及礬土等を多くし遂に P_2O_5 の固定量を增大するものなるべし。

$$\frac{a_2 - a_3}{\text{添加腐植質量}} = C$$

とすれば農業部水田土壌に在りては C は 9.6–10.0 にして楊梅庄赭土に於ける夫は 6.7–15.8 なりとす。農業部畑土壌に就きても詳に之を吟味すれば同様の傾向を認むべく唯其作用小なるが爲めに顯著ならざるなり。

III 要　　約

以上の成績を概括すれば

(1) 腐植質は鑛質土壌に比し比重著しく輕きが故に腐植質の添加量を增すに從つて土壌の比重容重及容積比重は次第に低下す。

(2) 腐植質は水を吸收する力大なれども吸收と同時に膨潤して容積を增大するが故に一定容積に於ける容水量は腐植質の添加によりて僅かに增加するに過ぎず。

(3) 土壌の孔竅は腐植質の添加によりて僅かに減少するが故に空氣の透通量も亦減ずる結果となる。

(4) 腐植質の增加は土壌の吸濕量を大にす。

(5) 腐植質の增加は土壌の萎凋係數を大にす。然れども保水力大となるを以て限度を越えざる程度に於ては有效水を保持すること大なるべし。

(6) 土壌に腐植質を添加するときは土壌毛管水の上昇速度を減少すれども毛管引力は增大す。又水の滲透を妨ぐるが故に表土の地水保持力を增進す。此點は輕鬆なる土壌には有利なれども重粘にして排水不良なる場合は過濕に陷ることあるべし。

(7) 腐植質は鑛質土壌に比し著しく凝集力、粘着力弱きが故に是が添加は重粘土の固結を防ぎ耕耘を容易ならしむ。

(8) 腐植質の增加は土壌の比熱を大にす。

(9) 酸性腐植質の增加はアンモニアの吸收係數を增大するを一般とすれども鹽基性土壌に在りては却つて之を減少す。而して燐酸の吸收係數には影響を及ぼさゞるを普通とすれども酸性腐植質により活性礬土及酸化鐵を增加する場合に於ては著しく之を增大することあり。

文　　獻

1. 澁谷紀三郎、腐植質の新定量法　熱帶農學會誌　I, 1, 84–90 (1929)
2. MITSCHERLICH, E. A., Die Methode der Bestimmung der Hygroskopizität. Bodenkunde für Land-und Forstwirte. 56–58 (1905)
3. BRIGGS, L. J. and Shantz, H. L., Wilting Coefficient for Different Plants and its Indirect Determination. U. S. Dept. of Agr. Bull. No. 230. (1912)
4. ODÉN, S., Die Humin Säuren. (1922)
5. MATTSON, S., The Law of Soil Colloidal Behavior IV. Soil Sci. XXXI, 57–77. (1931)
6. KAWAMURA, A., Adsorption of Humic Acid. J. Phys. Chem. XXX, (1926)

（臺灣總督府中央研究所農業部農藝化學實驗室）